

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh technologie výroby vnitřního čtyřhranu v odlitku

Design of the Production Technology of the
Inner Square of the Casting

Student:

Jiří Chaloupka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Lichovník

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Chaloupka**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie výroby vnitřního čtyřhranu v odlitku**
Design of the Production Technology of the Inner Square of the Casting
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh technického řešení.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINČIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.
BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
STEPHENSON, D. A.; AGAPIOU, J. S. *Metal cutting theory and practice*. New York : Marcel Dekker, Inc., 1997. ISBN 0-8247-9579-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Lichovník**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady i literaturu.

Tato práce byla vypracovaná se souhlasem firem Siemens, s. r. o., Odštěpný závod Busbar Trunking Systems Energy Management, Mohelnice, Unex a. s., Uničov, ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o., Domašov u Šternberka.

V Ostravě dne 12. května 2018




.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla a § 60 – školní dílo,
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 12. 5. 2018



.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Chaloupka

Adresa trvalého pobytu autora práce: Zamykalova 392/24, 77900 Olomouc

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Chaloupka, J. *Návrh technologie výroby vnitřního čtyřhranu v odlitku: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, 53 s. Vedoucí bakalářské práce: Lichovník, J.

Bakalářská práce pojednává o návrhu technologie opracování čtyřhranného otvoru v odlitku. V úvodu jsou představeny různé možné technologie vhodné pro zhotovení čtyřhranného otvoru. Pro vybraný díl byl zvolen optimální technologický postup opracování včetně doporučení vhodných strojů a nástrojů. Následně byl zpracován technologický postup uzpůsobený pro vybranou technologii výroby. V závěru byla provedena analýza výrobních nákladů možných technologií zhotovení čtyřhranného otvoru.

ANOTATION OF THESIS

Chaloupka, J. *Design of the Production Technology of the Inner Square of the Casting: Bachelor thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Cutting and Assembly, 2018, 53 p. Thesis head: Lichovník, J.

Bachelor thesis is about the design proposal of the technology of processing square bore in a cast. In the introduction part different usable technologies for making the bore are introduced. For the chosen part the optimal technological process was chosen including the recommendation of suitable machines and tools. After that the technological process adapted for the used technology is depicted. In the conclusion the analysis of production costs of technologies suitable for making the square bore was conducted.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 8 |
| 1 Obecná charakteristika problému | 9 |
| 2 Možné způsoby zhotovení čtyřhranu v odlitku | 11 |
| 2.1 Obrábění s definovanou geometrií břitu | 11 |
| 2.1.1 Obrážení | 11 |
| 2.1.2 Protahování | 12 |
| 2.1.3 CNC soustruh | 14 |
| 2.2 Nekonenční metody obrábění | 20 |
| 2.2.1 Řezání vodním paprskem | 21 |
| 2.2.2 Řezání drátovou elektrodou | 24 |
| 2.2.3 Řezání laserem | 26 |
| 3 Návrh technologie výroby odlitku vč. zhotovení čtyřhranu | 28 |
| 3.1 Představení podniků | 28 |
| 3.1.1 Strojní vybavení ve firmě ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o. | 28 |
| 3.2 Návrh technologie opracování | 32 |
| 3.3 Technologický postup výroby odlitku | 42 |
| 4 Technicko-ekonomické zhodnocení | 48 |
| 5 Závěr | 50 |
| 6 Poděkování..... | 52 |
| 7 Použitá literatura..... | 52 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| Zkratka/Symbol | Jednotka | Popis |
|----------------|------------------------|--|
| NMO | - | Nekonvenční metody obrábění |
| BM | - | Brighetti meccanica S. r. l., Calderara di Reno – Italy |
| ŠT | - | ŠTERCLOVA STROJÍRNA s.r.o. |
| H _B | [HB] | tvrdost |
| R _m | [MPa] | pevnost v tahu |
| Re | [MPa] | mez kluzu |
| A ₅ | [%] | tažnost |
| R _a | [μm] | střední aritmetická odchylka drsnosti |
| n | [min ⁻¹] | počet otáček |
| vc | [m.min ⁻¹] | řezná rychlost |
| vf | [m.min ⁻¹] | posuvová rychlost |
| t | [min] | čas |

Úvod

Ekonomicky úspěšná strojírenská firma musí využívat produktivních metod obrábění. Optimalizace upínání, snižování počtu prováděných operací a využívání nejnovějších nástrojů má podstatný vliv na snižování výrobních nákladů.

Cílem této práce je navrhnout způsob ekonomicky výhodné technologie zhotovení čtyřhranného otvoru v odlitku. Jsou posuzované konvenční i nekonvenční metody obrábění. Obecné poznatky z problematiky zhotovení tvarového otvoru do odlitku lze využít při řešení podobných výrobků s vnitřním tvarovým otvorem, drážkou, vícedrážkou apod..



Obrázek 1: Sestava

1 Obecná charakteristika problému

Jsem zaměstnancem firmy UNEX a.s. na pozici dispečer kooperace a dostal jsem za úkol najít externího opracovatele, který by požadovaný odlitek kompletně opracoval za limitní částku 25,-Kč/ks při roční potřebě 12 000 ks.

Výrobce odlitku je firma UNEX a. s., Uničov a dodává je firmě Siemens, s. r. o., Odštěpný závod Busbar Trunking Systems Energy Management, Mohelnice.

Po oslovení několika firem jsem navázal bližší spolupráci s firmou ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o. se sídlem v Domašově u Šternberka.

Operace potřebné pro opracování odlitku:

- Frézování.
- Soustružení.
- Navrtání.
- Vrtání.
- Zhotovení čtyřhranu.
- Odhrocní.

Operace frézování, soustružení, vrtání je běžné provést na jedno upnutí na CNC soustruzích. Problematické se jevílo zhotovení čtyřhranného otvoru. Stávající technologií se počítá v mnoha firmách s výrobou drážek na speciálních protahovacích strojích s tím, že přípravné práce začínají na CNC soustruzích. Důvodem je to, že na klasických konvenčních protahovacích strojích není možné obrábět drážky v neprůchozích otvorech. Obrážení, protahování se většinou zadává externím dodavatelům a to se negativně projevuje na flexibilitě, rychlosti a nákladech výroby. Z těchto důvodů bylo potřeba najít levný, rychlý a spolehlivý způsob výroby čtyřhranného otvoru v odlitku.

Materiál odlitku: GJS-700-2 (šedá litina)

Rozměry: 45 x 45 x 20,5 [mm]

Hmotnost: 0,103 [kg]

Tabulka 1: Chemické složení

| Označení | C [%] | Mn [%] | Si [%] | P [%] | S [%] | Cu [%] | Cr [%] | Mg [%] |
|-----------|---------|---------|----------|----------|---------|-----------|----------|-----------|
| 422307 | | | | | | | | |
| GGG 70 | 3,5–3,7 | Max 0,4 | 2,4– 2,6 | Max 0,05 | Do 0,02 | 0,70–0,90 | Max 0,06 | 0,03–0,06 |
| GJS-700-2 | | | | | | | | |

Tabulka 2: Mechanické hodnoty

| Označení materiálu | | Pevnost v tahu min. Rm [N/nm ²] | Mez kluzu min. Rp 0,2 [N/nm ²] | Tažnost min. A [%] | Tvrdost [HB] | Struktura |
|--------------------|------------|---|--|--------------------|--------------|-----------|
| Značkou | Číselně | | | | | |
| EN-GJS-700-2 | EN-JS 1070 | 700 | 420 | 2 | 225–305 | Perlit |

Materiál nabízí odolnost proti opotřebení, zvýšenou pevnost s výbornou reakcí na tepelné zpracování ve srovnání s jinými jakostmi tvárné litiny, ale při zachování přiměřené obrobitelnosti s vynikající kvalitou povrchu. Dobře tlumí hluk a vibrace.

**Obrázek 2: Odlitek****Obrázek 3: Odlitek****Obrázek 4: Odlitek**

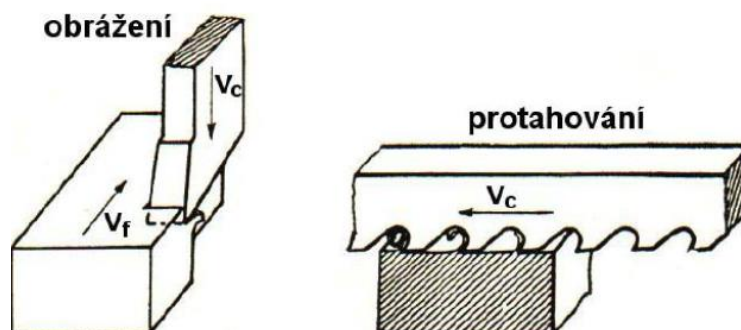
2 Možné způsoby zhotovení čtyřhranu v odlitku

Obrábění můžeme dělit podle charakteristických znaků břitové geometrie nástroje:

- Obrábění s definovanou geometrií břitu (soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování, vyvrtávání, hoblování a obrážení, protahování aj.).
- Obrábění s nedefinovanou geometrií (broušení, honování, lapování aj.).
- Nekonvenční metody obrábění (např. Elektroerozivní, chemická, ultrazvukem, laserem, soustředěným paprskem).
- Úpravy obrobených ploch (např. Válečkování, leštění, hlazení, brokování).

V následujících kapitolách se budu více věnovat obrábění s definovanou geometrií břitu a nekonvenčním metodám obrábění, které je možné úspěšně použít při zhotovení čtyřhranu v odlitku.

2.1 Obrábění s definovanou geometrií břitu



Obrázek 5: Hlavní a posuvný pohyb

Řezná rychlost v_c je vyjádřena jako okamžitá rychlost hlavního řezného pohybu uvažovaného bodu ostří vzhledem k obrobku.

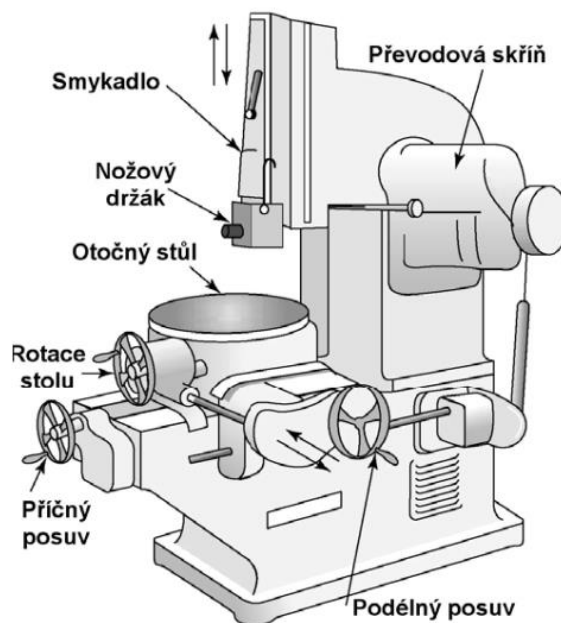
Posuvná rychlost v_f je určena jako okamžitá rychlost posuvného pohybu v uvažovaném bodu ostří vzhledem k obrobku.

2.1.1 Obrážení

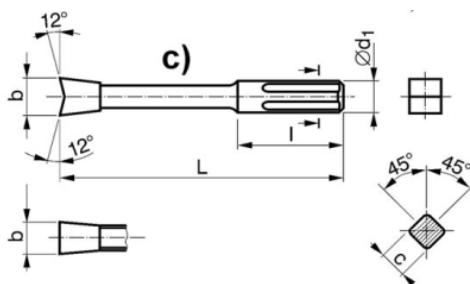
Obrážením se rozumí rovinné, vodorovné, svislé, šikmé a tvarové plochy jednobřitým nástrojem. Oproti hoblování jsou obráběné plochy podstatně menší. Obrážením lze obrábět

i vnitřní plochy (drážky, nerotační tvary). Hlavní pohyb je přímočarý vratný a koná ho nástroj. Vedlejší pohyb je přerušovaný posuv a koná ho obrobek. Vzhledem k nízké produktivitě se obrážení používá jen v kusové a malosériové výrobě. Existují však plochy, které se dají obrobit pouze obrážením (drážky ve slepých otvorech). [3]

- Vodorovná obrážečka, smykadlo s nástrojem se pohybuje vodorovně.
- Svislá obrážečka (obr. 6), smykadlo s nástrojem se pohybuje svisle.



Obrázek 6: Schéma svislé obrážečky

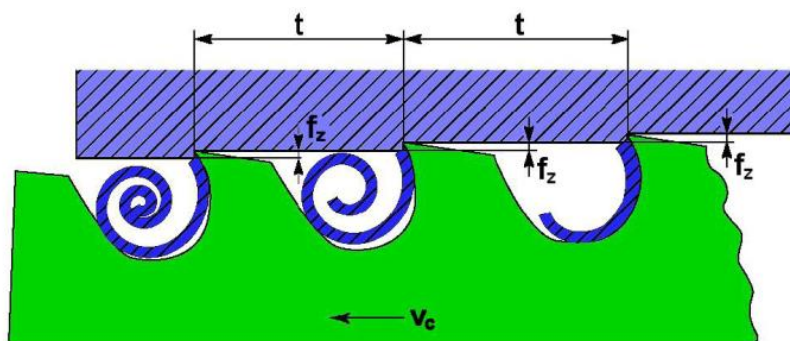


Obrázek 7: Obrázcí nůž dvoubřitý

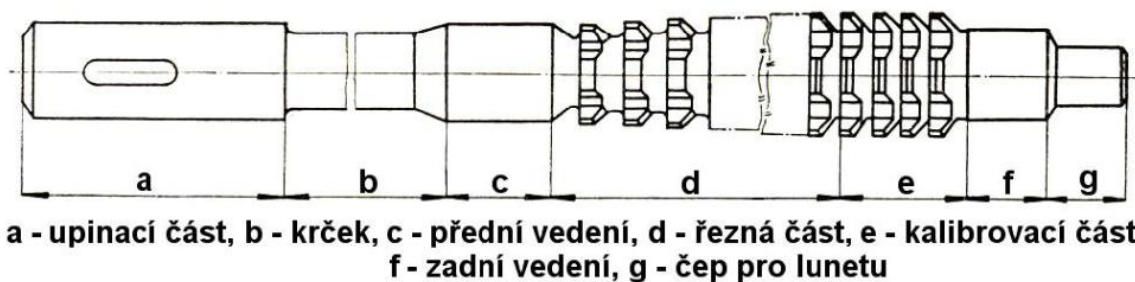
2.1.2 Protahování

Je to velmi produktivní výroba převážně tvarových otvorů. Tato metoda obrábění je vhodná pro hromadnou a velkosériovou výrobu, a to z důvodu vysoké ceny protahovacího nástroje. U protahovacích operací bývá obrobek nehybný a nástroj koná přímočarý pohyb (u protahování je tažen a u protlačování tlačén).

Pro protahování vnitřních ploch je otvor potřeba předpracovat a protahovací trn nebo potlačovací trn zhotoví konečný požadovaný tvar a drsnost povrchu. Do předpracovaného otvoru se vloží upínací část protahovacího trnu, upne se do tažného zařízení protahovačky a následuje vlastní operace protahování. Tvar obráběného otvoru se průběžně mění z původního tvaru na tvar požadovaný.



Obrázek 8: Princip protahování a protlačování



Obrázek 9: Protahovací nástroj

Protahovací a protlačovací nástroje jsou několikabřité, u nichž se počet zubů řídí velikostí posuvu na zub, šířkou odebírané vrstvy a celkovou délkou protahované plochy.

Protahovačky se vyrábějí ve dvou základních provedeních jako svislé a vodorovné. [3]



Obrázek 10: Svislá protahovačka



Obrázek 11: Vodorovná protahovačka

2.1.3 CNC soustruh

V předchozích kapitolách 2.1.1 a 2.1.2 byly popsány možnosti výroby tvarového otvoru obrážením nebo protahováním. V současné době je možné použít nástrojové systémy, které jsou určeny pro výrobu vnitřních i vnějších drážek na CNC soustruzích. Tyto systémy nabízejí v mnoha oblastech jednoduché, a ne příliš nákladné řešení pro výrobu drážek na CNC soustruzích.

Obrážecí agregát

Rotační pohyb hnací hřídele je v agregátu pomocí excentru proměněn na lineární pohyb. Nástroj s držákem se po zasunutí do obrobku a dokončení obrážení zvedne pomocí

integrovaného zařízení, které zamezuje opotřebení a vylomení břitu při pohybu nazpět. S obrázecím agregátem lze zajistit rychlé a jednoduché soustružení a obrázení drážek na jedno upnutí, jelikož tento agregát byl vyvinut speciálně pro ekonomicky výhodné obrázení drážek na soustruhu. Je schopen obrážet vnitřní i vnější ozubení, vnitřní šestihrany a speciálních profilů. Snižují se jak hlavní, tak i vedlejší obráběcí časy stroje. Obrábět je možné materiály až do pevnosti $900 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. [4]

Požadavky na stroj

Zvláštní požadavky na soustruh, na němž se mají obrážet drážky, v zásadě kladeny nejsou. Je-li požadováno zvláštní zalícování nebo šířka drážky, musí být soustruh vybaven programovatelnou osou Y, aby drážka mohla být vytvořena v několika postupných krocích. Pro výrobu dílce, na němž se má obrážet několik drážek na obvodu otvoru, musí být soustruh vybaven programovatelnou osou C. V NC programu pak můžeme zhotovit různé tvary drážkování.

Řezné podmínky

Údaje pro volbu řezných podmínek při obrázení drážek na soustruhu jsou stanoveny na základě praktických zkoušek. Řezná rychlost je u této aplikace v přímé souvislosti s hodnotou posuvu na stroji. Bylo zjištěno, že pro zjednodušení lze uvažovat lineární průběh mezi posuvem a přísuvem na zdvih. Čím vyšší bude pevnost obráběného materiálu, tím nižší bude posuv a zmenší se i přísuv na zdvih. Konkrétně u zušlechtěné oceli 15142 (42CrMo4) s pevností nad $1000 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ je doporučená hodnota pro přísuv na zdvih $0,035 \text{ mm}$ a pro posuv $3500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Oproti tomu u automatové oceli 11 109 (9SMnPb28) je doporučená hodnota pro přísuv na zdvih $0,08 \text{ mm}$ a posuv $8000 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Úspěšné obrázení drážek

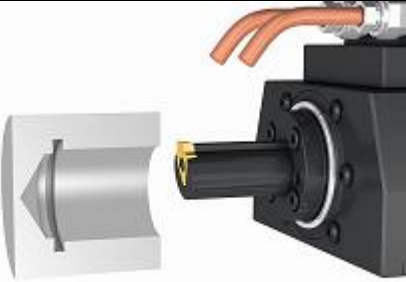
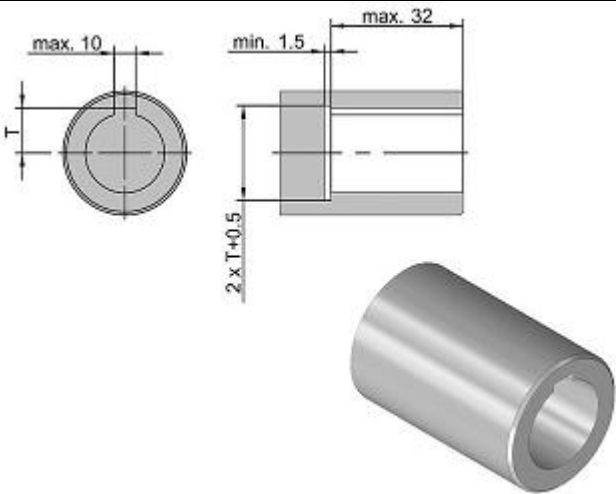
Za obrázenou drážkou musí být zhotoveno podpíchnutí pro vyjetí nástroje z řezu. Nástrojem se vyjede při zpětném chodu ze záběru. S přihlédnutím na vnitřní průměr dílce při programování prvního zdvihu je nutno dát pozor na správné najetí. Důkladné přivádění procesní kapaliny do řezu velice pozitivně ovlivňuje proces obrázení a odstraňování třísek z řezu. Také mazací účinek procesní kapaliny se téměř u všech pokusů projevil pozitivně na jakosti povrchu drážky a na zvýšení životnosti nástroje. Pokud je to možné, mělo by obráže-

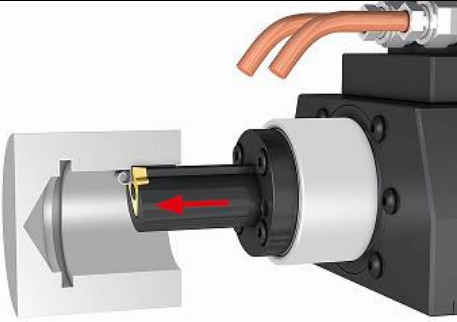
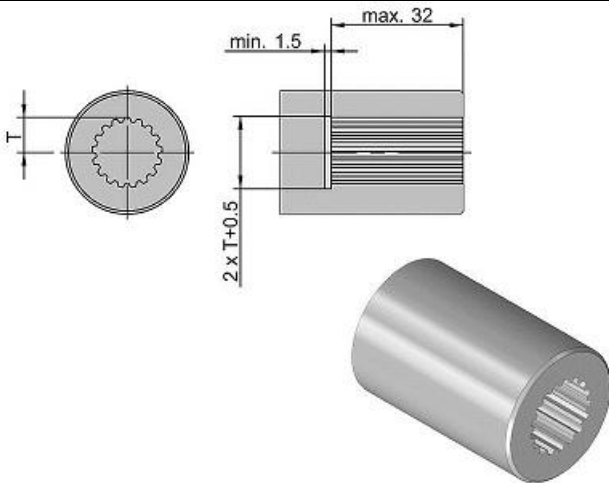
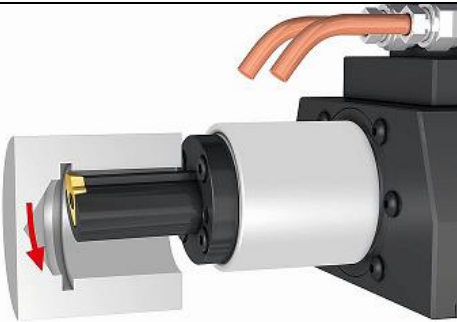
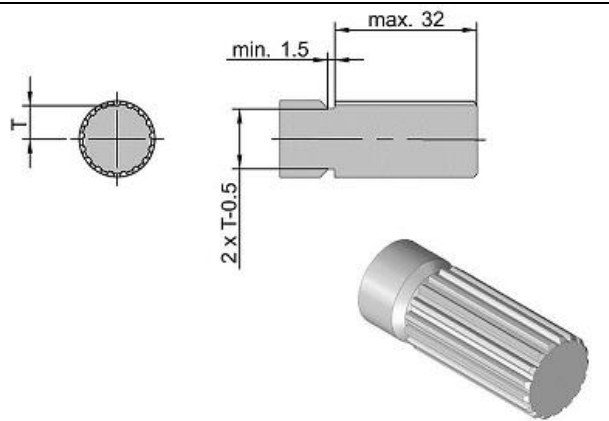
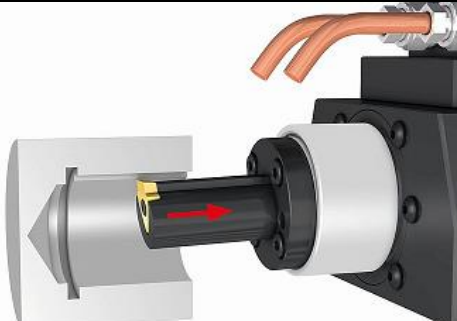
ní probíhat v pozici s řezným břitem nahoru, aby třísky odpadávaly z řezu a nezůstávaly v drážce. [15]



Obrázek 12: Soustružení a obrážení drážek na jedno upnutí

Tabulka 3: Obrázkový postup obrážení

| Pozice destičky ve směru osy Z | Drážka pro pero |
|---|--|
|  |  |
| Břit destičky se pohybuje do obrobku – obráží | Vnitřní drážkování dle DIN 5482 |

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>Břit se odkloní z řezu</p> | <p>Vnější drážkování dle DIN 5480</p> |
|  |  |
| <p>Funkce „odklonit“ zamezuje opotřebení/vyštípnutí břitu během pohybu zpět.</p> | |
|  | |

Protlačovací agregát

Protlačovací agregát je vysokorychlostní nástroj pro tváření pravidelných mnohoúhelníků (čtvercové, šestihranné, TORX®, křivky, atd.). Protlačovací agregát lze použít na většině rotačních obráběcích strojů (soustruh, vrtačka, vyvrtávačka).

Pracovní poloha:

- Vertikální.
- Horizontální.

Protlačovací sedlo je nastaveno v těle nástroje na konkrétní sklon tak, aby vřeteno, když se začne otáčet, přenášelo pohyb rotační a oscilační. Tento kombinovaný pohyb umožňuje plynulý průnik do předvrtaného nebo předpracovaného otvoru a vytvoří požadovaný vnitřní anebo vnější tvar. [2]

Možné způsoby upínání:

- Válcová stopka.
- Morse kužel.
- ISO – DIN 69871 / DIN 2080.
- VDI.
- HSK.

Charakteristika protlačovacího agregátu:

- Snadné používání.
- Axiální síla je velice omezená, postupná, koncentrovaná na malou část protlačovacího trnu, nikoli na celý profil.

Navržen pro použití na klasických a cnc obráběcích strojích.



Obrázek 13: Trny pro vnitřní tvary



Obrázek 14: Trny pro vnější tvary



Obrázek 15: Protážení vícedrážky

2.2 Nekonvenční metody obrábění

Pod pojmem nekonvenční metody obrábění si lze představit takové metody, které se od klasického třískového obrábění liší zejména tím, že v podstatě nepoužívají mechanickou práci na úběr materiálu. Využívají nejrůznější principy pro odebírání materiálu – fyzikální metody obrábění. U konvenčního způsobu třískového obrábění je obrobitelnost materiálu limitovaná mechanickými vlastnostmi, jako jsou pevnost a tvrdost. U nekonvenčních metod obrábění tomu tak není. Zde je obrobitelnost převážně limitovaná fyzikálními vlastnostmi materiálu (tepelná vodivost, elektrická vodivost, teplota tavení, elektroerozivní vodivost apod.) a jeho chemickým složením. Tato skutečnost je velkou výhodou těchto metod. Proto se využívají pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů, které lze jen těžko, nebo vůbec obrábět konvenčním způsobem.

Historie nekonvenčních metod se začala psát (tak jako u většiny technologií) s požadavky zbrojního, leteckého a kosmického průmyslu. Tento fakt přispívá k rychlému rozvoji NMO.

V dnešní době neustálý tlak konkurence nutí konstruktéry a technology pracovat na nových řešeních a potýkat se s novými problémy. Neustále rostou požadavky na zvýšení efektivity obrábění materiálů o vysoké pevnosti a tvrdosti (např. superslitiny – slitiny titanu

a niklu, kompozitní materiály atd.). NMO se uplatňují zejména tam, kde jsou klasické metody málo účinné, nebo nevhodné a jejich nasazení naprosto selhává. [9]

2.2.1 Řezání vodním paprskem

Řezání vodním paprskem je způsob dělení materiálů, který si v posledních letech vybojoval nejen stálou pozici na trhu obtížně dělitelných materiálů, ale stále častěji nahrazuje i klasické řezné technologie. Díky technologickému vývoji i v této oblasti se stalo řezání vodním paprskem cenově i termínově výhodnější. Nové CNC stroje pro řezání vodním paprskem jsou podstatně rychlejší, přesnější a výkonnější než jejich předchůdci prvních generací.

Základní výhody řezání vodním paprskem:

- Řezání bez tepelného ovlivnění okolního materiálu.
- Malý prořez.
- Vysoké procento využití materiálu.

Široká škála řezaných materiálů – od plastu přes hliník, nerezovou i kalenou ocel, titan, měď, sklo a keramiku až po několik stovek milimetrů silnou mramorovou desku.

Nové CNC stroje pro řezání vodním paprskem však přidávají vylepšení jako například řezání více hlavami najednou, řezání pod úhlem, čímž je eliminován podřez u silných materiálů, podstatně vyšší rychlosti řezání díky vysokotlakým čerpadlům, udělujícím vodě tlak, a tedy i rychlost, která byla ještě před několika lety naprosto nepředstavitelná.

Technologie řezání vodním paprskem využívá k dělení materiálu vysokotlaký vodní paprsek buď čisté vody, nebo vody s příměsí abraziva. Systém běžně pracuje v závislosti na obráběném materiálu, s tlakem vody 50 až 450 MPa, v poslední době byly uvedeny na trh stroje, pracující s tlaky až 700 MPa. Abrazivo je, případně není do vodního paprsku přidáváno, a to podle řezaného materiálu. Řezání vodním paprskem s přidaným abrazivem se během vývoje ustálilo na dvou základních typech podle způsobu míšení vody a písku. Abrazivní vodní paprsek (AWJ) – částice abraziva jsou ve směsné komoře strhávány paprskem až za tryskou vlivem podtlaku, který paprsek v komoře vytváří. Zrna písku poté smíšená s vodou prochází tzv. zaostřovací trubicí, která – v této chvíli již abrazivní – paprsek usměrňuje. Tento způsob pracuje s maximálními tlaky. Abrazivní suspenzní paprsek (ASJ) – k vytvoření

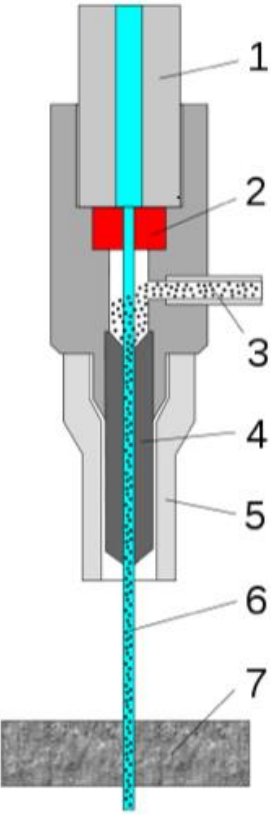
abrazivního suspenzního paprsku dochází ve speciální trysce, do které ženeme abrazivo již smíšené s tlakovou vodou ve směsné komoře. Paprsek je generován tlaky do cca 100 MPa.

Aditiva – zabraňují nadměrné turbulenci a napomáhají tak vytvoření souvislého, vysoce účinného vodního paprsku, který si zachová kompaktní jádro a při styku s obráběným materiálem se netříští. Aditiva mohou být různé polymery s lineárními molekulami. [14, 9, 11]

Druh a dodávané množství abraziva:

- Granát ($5\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{Y}_2\text{O}_3$ nebo $[\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)]_3$) – nejčastěji používaný, vyšší cena, vyšší účinek, více opotřebovává trysku, není příliš vhodný pro recyklaci.
- Oxid hlinitý – Al_2O_3 .
- Olivín – $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$.
- Křemičitý písek – nízká cena, nižší účinek a opotřebení trysky, nevhodný pro recyklaci.
- Ocelová drť nebo broky.

Tabulka 4: Řez tryskou

| | |
|---|---|
|  | <p>1 – vysokotlaký přívod vody</p> <p>2 – rubínová nebo diamantová tryska</p> <p>3 – abrazivo</p> <p>4 – směšovací trubička</p> <p>5 – držák</p> <p>6 – paprsek</p> <p>7 – materiál</p> |
|---|---|



Obrázek 16: Ukázka tvarového řezu

Technologické aplikace:

- Vrtání, soustružení a frézování (paprsek jako nástroj).
- Otryskávání.
- Gravírování.
- Drážkování.
- Úkosování.
- Odstraňování otřepů.

Kvalita řezu je ovlivňovaná:

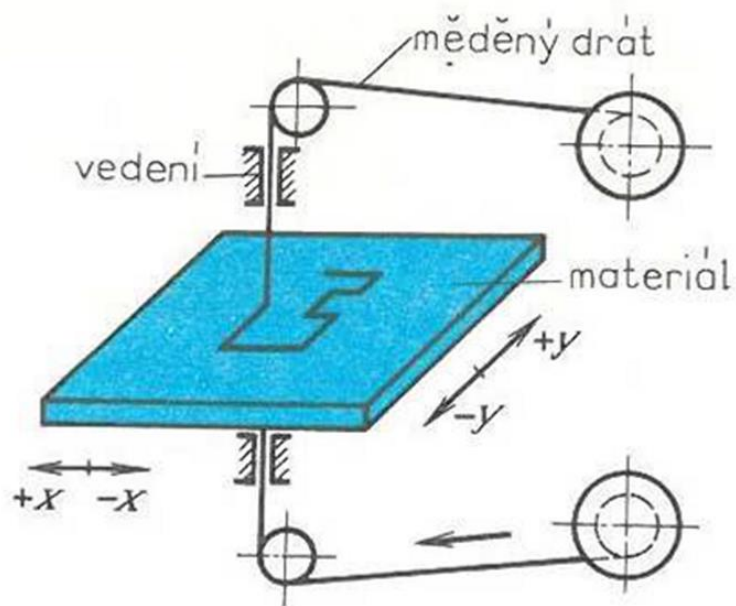
- Výtokovým průměrem trysky (0,75–2,50 mm).
- Tlakem vody.
- Rychlostí pohybu paprsku.
- Rychlostí proudění.
- Vzdáleností ústí trysky od povrchu obrobku.

- Úhlem sklonu paprsku.
- Druhem abraziva a aditivy, obsaženými ve vodě.

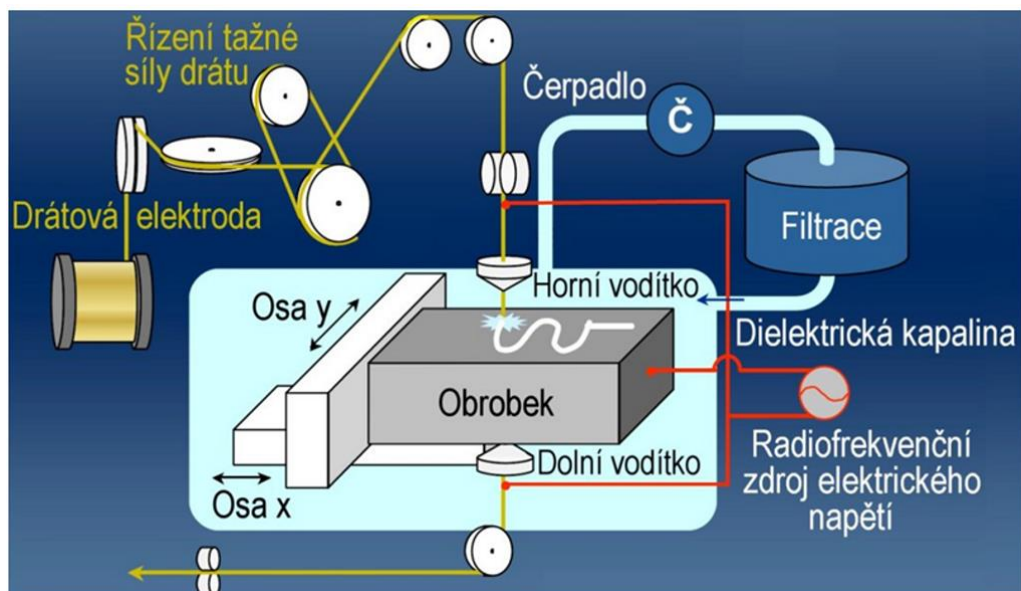
2.2.2 Řezání drátovou elektrodou

Nástrojovou elektrodu tvoří tenký drát, který se průběžně odvíjí z cívky pomocí speciálního zařízení, aby se předešlo nadměrnému opotřebení, a přes vodicí zařízení prochází místem řezu. Drát je napínán konstantní silou a prostor mezi obrobkem a drátem je zaplněn dielektrickou kapalinou. Drát bývá většinou měděný, na větší průměry se používá mosazný a na velmi jemné řezy molybdenový o průměru 0,03 až 0,07 mm. Pracovní mezera mezi obrobkem a elektrodou se vytváří samočinně úběrem materiálu obrobku před elektrodou.

Nástrojová elektroda – drát je nástroj, který může odebírat materiál v každém směru, což umožňuje ve spojení se šesti osami souřadnic řízenými CNC řídicím systémem obrábět přesně i velmi složité tvary. Přesnost vyřezaných tvarů je dána vlastnostmi stroje, přesností a spolehlivostí CNC řídicího systému, stabilitou nastavených pracovních podmínek generátoru a kvalitou čištění dielektrika. Nástrojová elektroda – drát musí vstupovat do místa řezu dokonale napnutý a vyrovnaný. Proto je před vstupem do pracovního prostoru stroje kalibrován na požadovaný průměr diamantovým průvlakem, veden a napínán systémem podávání a vedení. Tento systém umožňuje naklopení nástrojové elektrody vzhledem ke kolmé ose v rozsahu $\pm 30^\circ$. Pro zajištění automatizovaného procesu obrábění jsou moderní stroje vybaveny automatickým vrtáním otvoru pro zavedení drátu, zavedením drátu na počátku práce do vyvrtaného otvoru a adaptivním řízením. Automatického provozu bez obsluhy se dosahuje po dobu až 80 hodin. Tato metoda se vyznačuje minimální šířkou řezu a uplatňuje se při výrobě střižných a lisovacích nástrojů. [7, 8]



Obrázek 17: Princip elektroerozivního řezání drátovou elektrodou



Obrázek 18: Princip elektroerozivního řezání drátovou elektrodou

Při řezání drátovou elektrodou lze dosáhnout:

- Maximální úběr materiálu 35 až 200 mm²/min.
- Rovnoběžnost řezu do 2 μm na 100 mm tloušťky materiálu.
- Jakost obrobeného povrchu $ra = 0,15$ až 0,3 μm.
- Maximální tloušťka řezaného materiálu 350 mm.
- Přesnost rozměrů a tvaru obrobeného povrchu závisí na tepelné stabilizaci stroje: při kolísání teploty ± 3 °C je přesnost 4 μm; při kolísání teploty ± 1 °C je odchylka 1 μm.

Způsob navlékání drátu:

- Manuální navlékání drátu.
- Automatické navlékání drátu (awt).

2.2.3 Řezání laserem

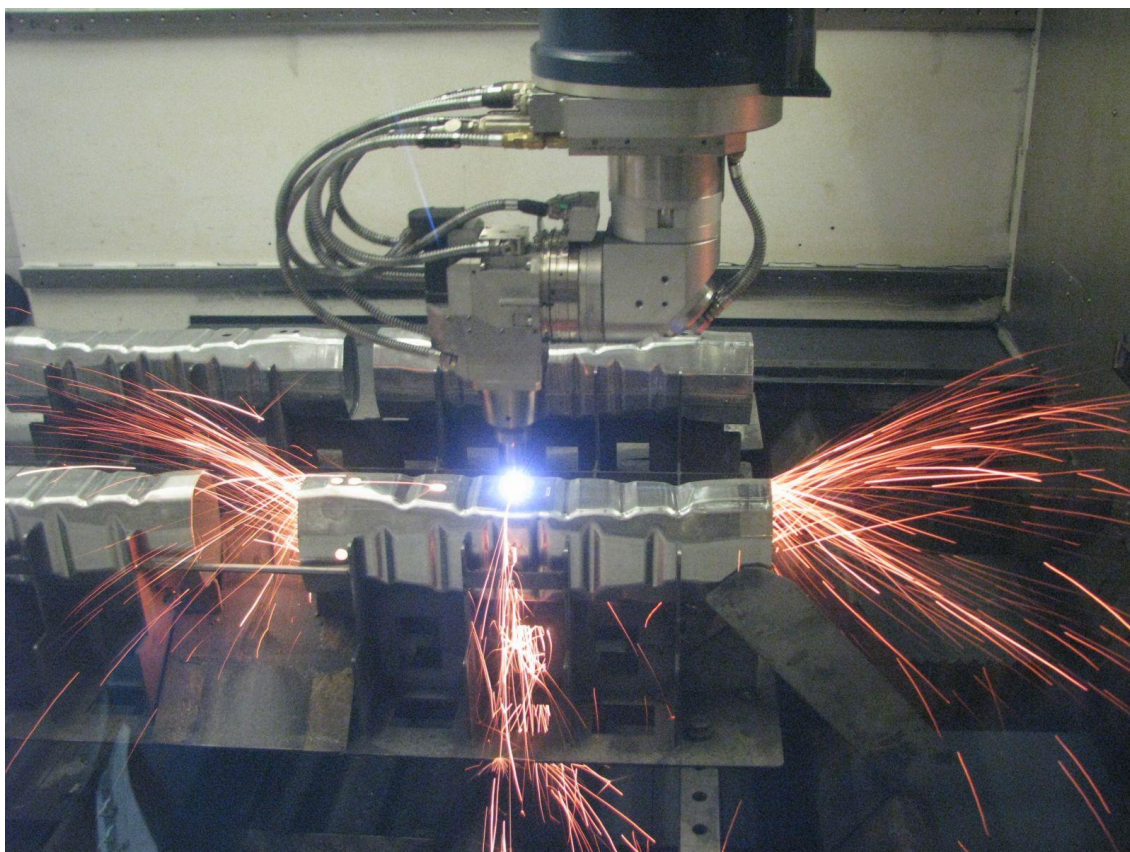
Podle aktivního prostředí rozlišujeme tři základní typy laserů:

- Plynové.
- Pevnolátkové.
- Polovodičové (známější jako laserové diody).

Pro dělení materiálů se dnes stále ještě nejčastěji používají výkonové plynové CO₂ lasery a pevnolátkové Nd: YAG lasery ale své místo nacházejí už i výkonové polovodičové (diodové) lasery.

V porovnání s ostatními typy jsou nejsilnější CO₂ lasery vhodné zvláště k dělení klasické, legované nebo korozivzdorné oceli až do tloušťky kolem 25 mm a pevnolátkové Nd lasery vhodné ke zpracování slabších kovových i nekovových či speciálních materiálů.

Pro zhotovení čtyřhranného otvoru by bylo potřeba použít 3D laser (obr. 19), který je flexibilní a dokáže reagovat na rozdílnou tloušťku materiálu. [5, 9, 11]



Obrázek 19: 3D laser

3 Návrh technologie výroby odlitku vč. zhotovení čtyřhranu

3.1 Představení podniků

UNEX a. s., Uničov

Státní podnik Uničovské strojírny vznikl v roce 1949. Následujících víc než 40 let firma vyvíjela a vyráběla zemní a důlní stroje, které pracovaly například v severočeské uhelné pánvi. Současná výrobní kapacita je více než 39 000 tun odlitků, 9 000 tun výkovků a 24 000 tun svařovaných dílů a konstrukcí. Vyrábí výrobky od 50 gramů do 120 tun a zákazníci se vždy mohou spolehnout na včasné dodání i špičkovou kvalitu výrobků. [13]

ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o., Domašov u Šternberka

Firma se zabývá zakázkovou výrobou ve všech oblastech zpracování kovů. Hlavním cílem firmy je kvalita, přesnost, dodržování termínů, poradenský servis a záruka poctivého obchodování. Vedle zakázkové výroby se firma zabývá výrobou náhradních dílů pro různé firmy. Výkresovou dokumentaci, podklady a programy si zpracovává sama. [12]

3.1.1 Strojní vybavení ve firmě ŠTERCLOVA STROJÍRNA s.r.o.

Soustružnický stroj S 50 CNC (Obr. č. 21) [6] je určen pro kusovou, malosériovou nebo sériovou výrobu součástí hřídelového i přírubového charakteru z kusů nebo tyčového materiálu taženého, loupáného nebo broušeného v rozsahu parametrů stroje. Obrábět lze vnější i vnitřní plochy válcové, kuželové i kulové, vrtat, vystružovat a řezat závity v ose vřetene.

Funkce stroje jsou řízeny CNC řídicím systémem FANUC 18 – TA. Vřeteno je poháněno od motoru hlavního pohonu s integrovanou dvoustupňovou převodovkou řemenovým převodem.

Pohony posuvů os „X“, „Z“ jsou provedeny střídavými regulačními servopohony.

Stroj je vybaven dvanáctipolohovou nástrojovou hlavou pro upnutí nástrojů pro povrchové i osové obrábění. Nástrojová hlava vykonává pohyb v podélném i příčném směru (osa X, Z), osa otáčení hlavy je rovnoběžná s osou hlavního vřetena stroje.

Pro podepření dílců s velkým štíhlostním poměrem je stroj vybaven koníkem. Těleso koníku je přestavováno ručně – pomocí šroubu, vysunutí pinoly je ovládáno automaticky řídicím systémem.

Stroj je dále vybaven krytováním pracovního prostoru, chlazením nástrojů, kleštinovým upínačem, dopravníkem třísek atd. [4, 5]

Tabulka 5: Technické údaje [5]

| | | |
|---|----------------------|--------------|
| Max. oběžný průměr | mm | 540 |
| Max. oběžný průměr nad příčným suportem | mm | 290 |
| Max. průměr obrábění (obrobku) | mm | 270 |
| Max. délka obrábění s koníkem | mm | 535 |
| Max. hmotnost obrobku | kg | 60 |
| Max. provozní otáčky | ot.min ⁻¹ | 5000 |
| Max. ovládací síla | N | 45 700 |
| Max. tlak v obvodu upínání | bar | 25 |
| Max. pojezd podélného suportu Z | mm | 545 |
| Max. pojezd příčného suportu X | mm | 175 |
| Rozsah posuvů podélných a příčných | mm.ot ⁻¹ | 0,001–99,000 |
| Rychloposuv podélný /příčný | m.min ⁻¹ | 24/24 |
| Max. posuvová síla – podélná/příčná | kN | 10/4,5 |



Obrázek 20: Ovládací panel



Obrázek 21: Pohled na stroj S 50 CNC

S 50 CNC (obr. 21)

V případě, že by stroj S 50 CNC měl poruchu, mohou ve ŠT použít níže uvedené CNC soustruhy a vertikální centrum, aby byly zaručeny pravidelné dodávky opracovaných odlitků.



Obrázek 22: CNC – YCM -TC 46

CNC – YCM -TC 46 (obr. 22)

Tabulka 6:

| Obráběný průměr [mm] | Délka [mm] | Max. hmotnost obrobku [kg] | Průměr hydraulického sklíčidla [mm] |
|----------------------|------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 850 | 2300 | 3000 | 400 |



Obrázek 23: CNC soustruh YCM 380A Vason

CNC – soustruh YCM 380A Vason (obr. 23)

| Obráběný průměr [mm] | Délka [mm] | Max. hmotnost obrobku [kg] | Průměr hydraulického sklíčidla [mm] |
|----------------------|------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 750 | 650 | 500 | 250 |



Obrázek 24: CNC – Vertikální centrum MV 66A-max

CNC – Vertikální centrum MV 66A-max. (obr. 24)

Tabulka 7:

| Obráběný průměr [mm] | Délka [mm] | Max. hmotnost obrobku [kg] | Průměr lického [mm] | hydrau- sklíčidla |
|-------------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|
| 750 | 650 | 500 | 250 | |

3.2 Návrh technologie opracování

- Obrázení.
- Protahování.
- CNC soustruh.
- Řezání vodním paprskem.
- Řezání drátovou elektrodou.
- Řezání laserem.

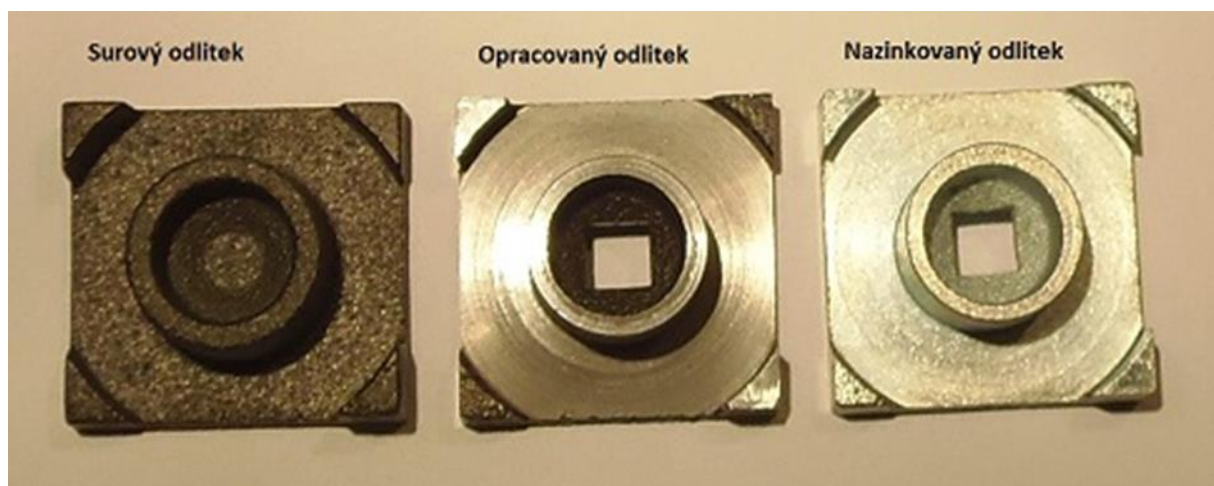
Po posouzení navrhovaných možností zhotovení čtyřhranu v odlitku jsme se rozhodli se zástupci firmy ŠT pro variantu kompletně opracovat odlitek vč. zhotovení drážky na CNC soustruhu S 50 CNC. Pro zhotovení čtyřhranného otvoru jsme zvolili nástroj od firmy BM (obr. 47) a protahovací agregát (obr. 38). Po obrobení prvních kusů tímto nástrojem jsme zjistili, že není možné zaručit správnou polohu nástroje při obrábění čtyřhranu v odlitku. Nástroj začal zhotovovat čtyřhran v předem nedefinovatelném místě dotyku nástroje s odlitkem. Navrhli jsme proto přípravek (obr. 48), který zaručí správné centrování osy čtyřhranu tak, jak předepisuje výkres. Další problém vznikl při upínání odlitků do hydraulických čelistí (obr. 28). Vzhledem k tomu, že povrch (boky) odlitku jsou zabroušené + mají slévá-

renský úkos, docházelo k uvolnění kusu v čelistech a následné katapultaci odlitku do prostoru stroje. Tento problém jsme vyřešili zafrézováním upínací plochy pod úhlem 3°, aby byl odlitek přitlačovaný do čelistí. Tím byl problém odstraněn. Pro snížení nákladu byla použita čelní fréza SECO (obr. 31) osazená břitovými destičkami třídy MK2050 (obr. 45, 46) obsahujícími pevné částice karbidu wolframu s nízkým obsahem pojivové fáze. Jsou povlakované vrstvou PVD TiSiN-TiAlN odolnou vůči opotřebení. Tato nová směs představuje optimální rovnováhu mezi pevností a tvrdostí třídy pro obrábění tvárné i šedé litiny. Výsledkem je vysoká produktivita a dlouhá a spolehlivá životnost v nestabilních podmínkách obrábění. Velkou výhodou je, že břitová destička má celkem 16 ostří, z každé strany 8. Stručný popis řešených úkolů je uvedený v tabulce 8.

Tabulka 8: Řešené úkoly

| Úkol | Řešení |
|--|--|
| Zhotovit čtyřhranný otvor | Vybrán nástroj BM obr. 47 a protlačovací agregát BM obr. 38 |
| Zaplohotování nástroje pro výrobu čtyřhranného otvoru. Nástroj protlačoval v předem neurčitém místě dotyku s odlitkem. | Vyřešil polohovací přípravek obr. č. 48 |
| Obrobit odlitek na 1 upnutí | Dvojčelistové upínání, aby bylo možné frézovat boční plochy odlitku (obr. 28) |
| Zajistit spolehlivé upnutí odlitku v hydraulických čelistech z důvodu zabroušení a slévárenského úkosu na upínacích plochách (nerovný povrch) odlitku. | Ofrézování upínacích ploch čelistí pod úhlem 3°, zabezpečeno pevné sevření odlitku do čelistí. |
| Prodloužení životnosti břitových destiček a snížení nákladů při frézování. | Zvolená fréza SECO s řeznými destičkami MK2050 (16 ostří), vhodné na litinu (obr. 31, 45, 46) |

Níže je podrobněji popsán sled operací na CNC soustruhu ve firmě ŠT:



Obrázek 25:

Tabulka 9: Ustavení odlitku v čelistech

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | t [s] |
|-----|---|--------------------------------------|-------|
| 1 | Upínání odlitku za pomoci přípravku na ustavení kusu v hydraulických čelistech \varnothing 200 mm (obr. č. 26, 27, 28) | Ustavovací přípravek (obr. č. 27) | 5 |



Obrázek 26: Ustavení odlitku



Obrázek 27: Ustavovací přípravek



Obrázek 28: Upnutý odlitek

Tabulka 10: Frézování výstupků

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | Vc [m • min ⁻¹] | n [min ⁻¹] | t [s] |
|-----|---|--|-----------------------------|------------------------|---|
| 2 | Frézování dvou bočních výstupků na rozměr 8,5 ±0,2, | Čelní karbidová fréza s černým povlakem Ø16, 4břitá, posuvné měřidlo | 60 | 1194 | 30 2x přefrézovat plochu, 2 plochy |

$$n = \frac{1000 \cdot vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{\pi \cdot 16} = 1194 \text{ ot/min}$$

D – průměr nástroje [mm],

vc – řezná rychlost nástroje [m.min⁻¹]

n – otáčky nástroje [min⁻¹].



Obrázek 29: Čelní fréza

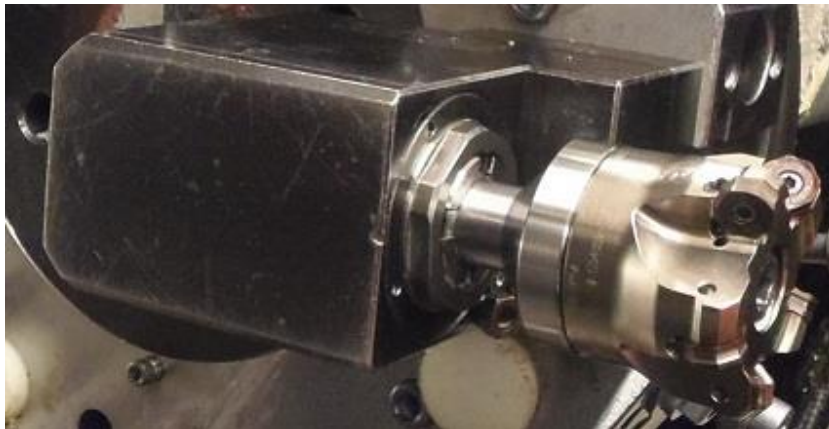


Obrázek 30: Ofrézovaný odlitek

Tabulka 11: Frézování boků

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | Vc [m • min ⁻¹] | n [min ⁻¹] | T [s] |
|-----|-------------------------------|---|-----------------------------|------------------------|--|
| 3 | Frézování na rozměr 45,0 ±0,3 | fréza SECO R220.48-0050-05-04SA (úhlová naháněcí jednotka), posuvné měřidlo | 190 | 1210 | 33 1x přefrézovat plochu, 2 plochy |

$$n = \frac{1000 \cdot vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 190}{\pi \cdot 50} = 1210 \text{ ot/min}$$



Obrázek 31: Fréza SECO



Obrázek 32: Ofrézovaný odlitek

Tabulka 12: Soustružení

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | Vc [m • min ⁻¹] | n [min ⁻¹] | t [s] |
|-----|---|--|-----------------------------|------------------------|-------|
| 4 | Soustružení $\varnothing 25,0 \pm 0,2/20,5$ na $\varnothing 52$ | zapichovacím nožem (Sandvik, Obr. 3.2.1.8) | 196 | 1210 | 16 |

$$n = \frac{1000 \cdot vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 196}{\pi \cdot 52} = 1210 \text{ ot/min}$$

D – průměr obráběné plochy [mm]



Obrázek 33: Zapichovací nůž



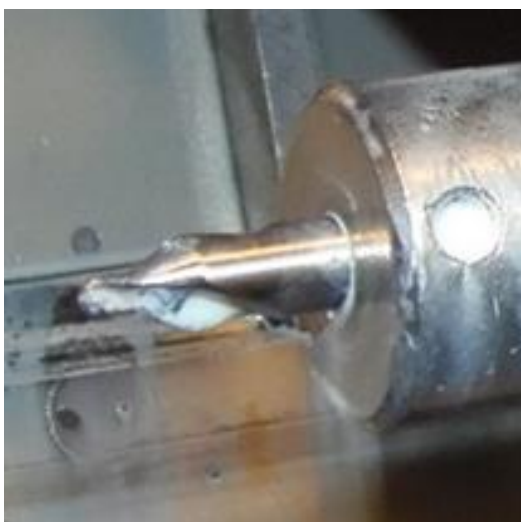
Obrázek 34: Osoustružený odlitek

Tabulka 13: Navrtání

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | Vc [m • min ⁻¹] | n [min ⁻¹] | t [s] |
|-----|-------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| 5 | navrtávání | Středící vrták | 23,6 | 1502 | 7 |

$$n = \frac{1000 \cdot vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,6}{\pi \cdot 5} = 1502 \text{ ot/min}$$

D – průměr obráběné díry [mm]



Obrázek 35: Středící vrták

Tabulka 14: Vrtání

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | Vc [m • min ⁻¹] | n [min ⁻¹] | t [s] |
|-----|----------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|
| 6 | Vrtání otvoru ø 9 | Karbidový vrták | 22,6 | 800 | 13 |

$$n = \frac{1000 \cdot vc}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,6}{\pi \cdot 9} = 800 \text{ ot/min}$$



Obrázek 36: Vrták



Obrázek 37: Vyvrtaný odlitek

Tabulka 15: Zhotovení čtyřhranného otvoru

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | $V_c [m \cdot min^{-1}]$ | $n [min^{-1}]$ | T [min] |
|-----|---|--------------------------------|--------------------------|----------------|---|
| 7 | Zhotovení čtyřhranného otvoru $9,0 \pm 0,2$ (obr. 38) | Protlačovací agregát (obr. 38) | | 1500 | 45 10 s je na zapohování v přípravku (obr. 48) |



Obrázek 38: Zhotovení čtyřhranného otvoru



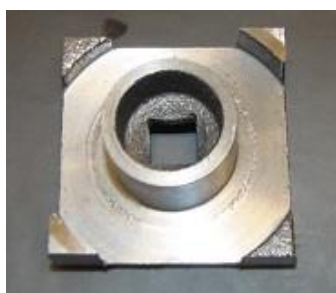
Obrázek 39: Protlačený čtyřhranný otvor

Tabulka 16: Odhrocení

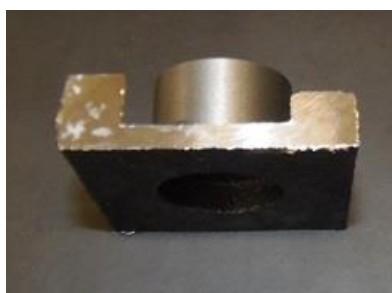
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroj | t [s] |
|-----|-------------------------|----------------------------------|--|
| 8 | Ofoukání, sražení ostří | Tlakový vzduch, vzduchová bruska | 10 (provádí obsluha stroje během opracování dalšího kusu) |

| | |
|------------------------------------|-------|
| Celkový čas opracování (bez op. 8) | 158 s |
|------------------------------------|-------|

| | |
|---------------------------|----------|
| Opracovaných kusů za hod. | 22–23 ks |
|---------------------------|----------|



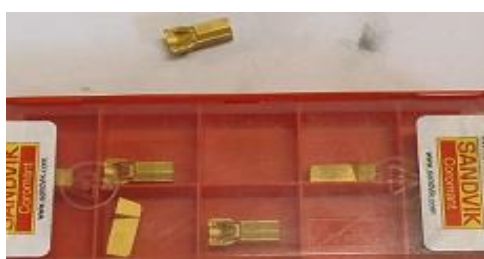
Obrázek 40: Oprac. odlitek



Obrázek 41: Oprac. odlitek



Obrázek 42: Oprac. odlitek



Obrázek 43: Destičky pro zapichovací nůž



Obrázek 44: Destičky pro zapichovací nůž



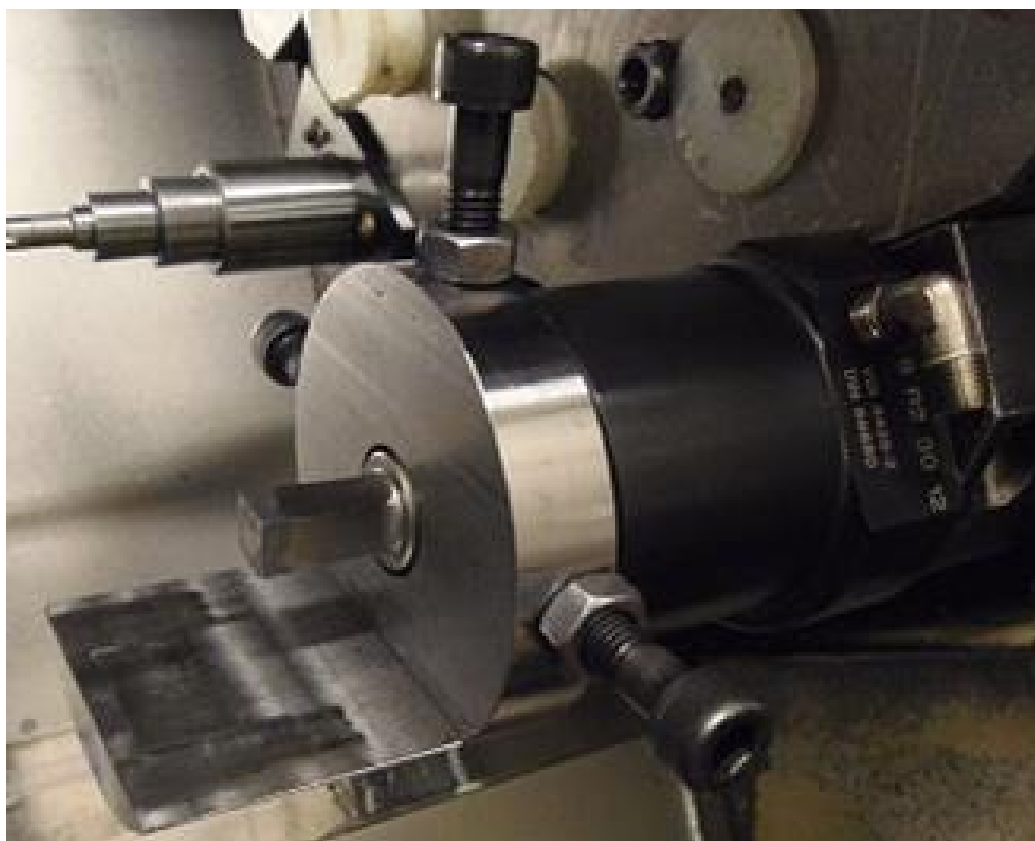
Obrázek 45: Destičky pro čelní frézu SECO



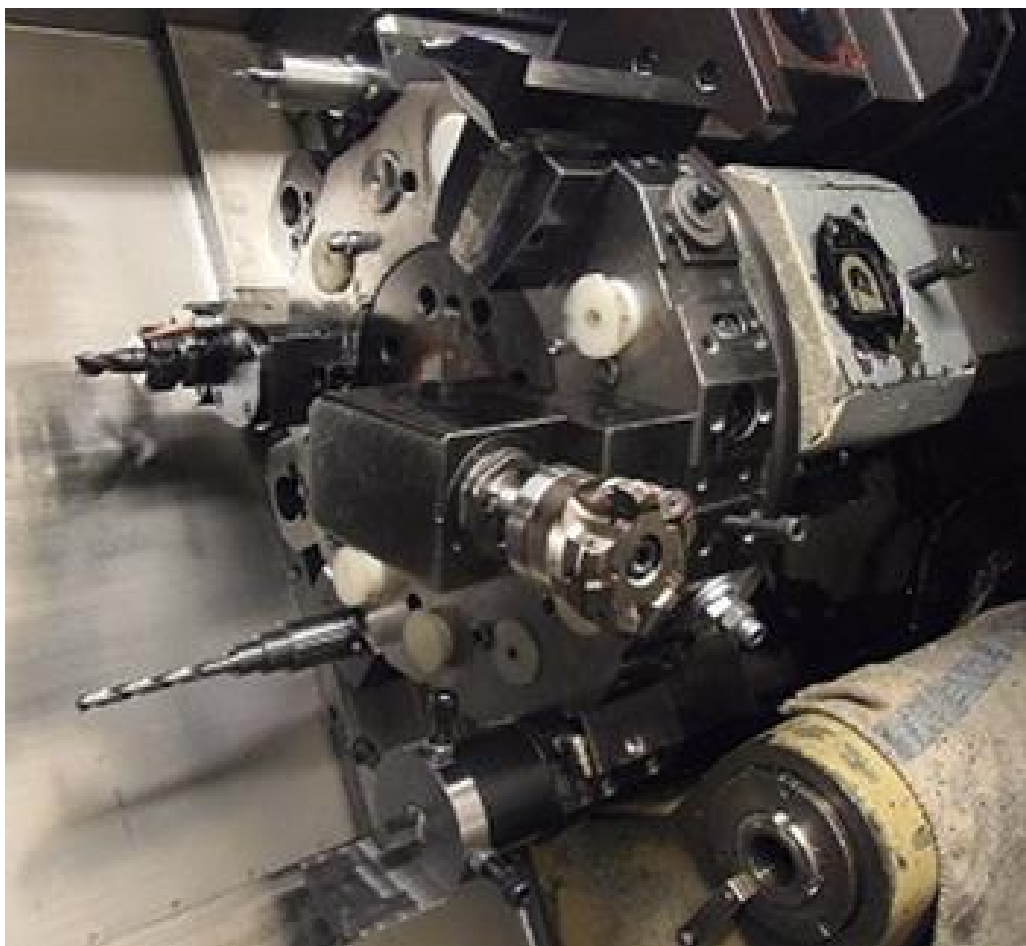
Obrázek 46: Destičky pro čelní frézu SECO



Obrázek 47: Nástroj na zhotovení čtyřhranu BISON ITALIA S. R. L.



Obrázek 48: Přípravek pro zapolohování nástroje na zhotovení čtyřhranu



Obrázek 49: Osazené nástroje v nástrojové hlavě



Obrázek 50: Pohled na stroj S 50 CNC



Obrázek 51: Pohled na stroj S 50 CNC

3.3 Technologický postup výroby odlitku

Tabulka 17: Technologický postup výroby odlitku [1]

| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
|------------|--|---|---|
| 010 | Seřizování Kontrola MZ. Seřizovač AFL. Zhotovení formy, kontrola formy. Lisovací tlak: 4,8 MPa Zabezpečení formy: mechanické | Licí kůl: pr. 32 Modifikátor Lamet IN MOLD – 1x90 g na WG1/4. Formovat pouze na L3 | 001 SM FORMOVACÍ SMĚS 3,94 KG 002 OST Lamet-modifik. 4,50 G |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 020 | Odlévání Odlévač forem - (odlití formy, kontrola lití) Licí pánev: ALZ Licí teplota: 1435–1465 °C Licí doba: 8–10 sec. Doba chladnutí 0,750 hod. Očkování do proudu kovu – (10 g) odlévat s GJS400 | | 003 OST Superseed 75zrnitost 0,2–0,7mm 1,875 G 999 TK TVÁRNÁ LITINA 0,328 KG |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 025 | Vytloukání Oklep na třídičce – odstra- | Licí kůl: pr. 32 Modifikátor Lamet IN | 990 VYPVM.OST VM-tvárná – |

| | | | |
|------------|---|--|----------|
| | nění zbytků vtokové soustavy od odlitků. Sbírat kontrolní hranolky | MOLD – 1x90 g na WG1/4. Formovat pouze na L3 | 0,213 KG |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 035 | Kontrola Statistická kontrola na třídírně. Kontrola struktury ultrazvukem. Kontrola tvrdosti Sbírat kontrolní hranolky | | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 040 | Broušení Broušení případného zbytku po vtoku a švu v D. R. (otřepu). | Stojanová bruska | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 045 | Tryskání Tryskání 20 min. | | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 070 | Balení Příprava k odvozu do kooperace (v kovových paletách) | | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |

| | | | |
|------------|--|-------------------------------|----------|
| | | nástroje | |
| 072 | Kontrola Kontrola před balením | | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 075 | Externí opracování Opracování v kooperaci | | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 077 | Zinkování Galvanické zinkování v kooperaci dle normy: Zn8//Cn//TO@TAM_0701 Galvanicky pozinkovat dle čísla dokumentu: TAM_0701.05_cz Zkoušky pokovených povrchů dle čísla dokumentu: TAM_4402.01_cz | | |
| Op. | Popis práce | Pomůcky, měřidla, nástroje | Materiál |
| 078 | Balení Zabalení odlitků přivezených z kooperace. Balit do papírových krabic – 80 ks. Balit dle balicího předpisu: Balicí plán č. 3-014-012 (obr. 52) | | |

| | | | |
|---|--|----------------------------------|-------------------------------|
|  | PŘEDPIS | | Číslo: BP-MZ3014012 |
| Název: | BALENÍ ODLITKŮ | | Vydání: 1 |
| Zpracoval: Michal Spunda Datum: 18.7.2016 Podpis:  | Schválil: Ing. Jaroslav Lauermann Datum: 18.7.2016 Podpis:  | Platnost od: 18.7.2016 | Výtisk č.: |

| | | | |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| Číslo dílu: | 3 014 012 | Název dílu: | CASTED BUCHSE |
| Číslo výkresu: | 3014012/50C | Zákazník: | SIEMENS |
| Hmotnost dílu (v kg) | 0,10 | Materiál/Jakost: | EN-GJS700-2 |
| Typ obalu | KLT3147 | Číslo obalu: | KLTS |
| Počet kusů v boxu: | 80 | Rozměr boxu (mm): | 300x200x150 |



Způsob uložení dílu

**Balit do krabic dodaných
zákazníkem**

| | | | |
|----------------------|----------|----------------------|-------------|
| Hmotnost obalu v kg: | 3 | Celk. hmotnost (kg): | 11,2 |
|----------------------|----------|----------------------|-------------|

| | |
|-----------------|---------------------|
| Uložení v boxu: | VOLNĚ LOŽENÉ |
|-----------------|---------------------|



| | |
|----------------------|---------------------------------------|
| Systém vracení obalů | |
| VRATNÝ OBAL? | |
| ANO / YES | NE / NO |
| | |
| G:8 | |
| Paleta: | |
| Antikoroziní pytel | |
| Proklad - bublinka: | |
| Proklad - napařom: | |
| Proklad - proložka: | |
| Ostatní: | Přidat průvodku s číslem šarže |
| Detaily | |

Další požadavky :

Počet kusů v gütter boxu musí být dodržen.
Veškeré odchylky od tohoto předpisu musí být schváleny odpovědným disponentem.

Obrázek 52: Balicí plán č. 3-014-012 [1]



4 Technicko-ekonomické zhodnocení

Cílem bakalářské práce bylo zvolení vhodné technologie pro výrobu čtyřhranného otvoru do odlitku. Bylo přihlédnuto ke stávajícím technologickým možnostem i k novým trendům. Výroba vnitřní drážky pro pero vyžaduje zařadit po soustružnické operaci další úkon, při němž je drážka vyrobena na obrážce nebo protahovačce či vyříznutím na drátové řezačce, vodním paprskem nebo laserem. Tato operace vyžaduje přípravu a seřízení dalšího stroje a zvyšuje tak nejen celkovou pracnost dílce, ale i nároky na skladovací prostory a manipulaci. Byla zvolena metoda zhotovení drážky na CNC soustruhu pomocí protahovacího agregátu BM.

Shrnutí hlavních výhod:

- Odpadá operace protahování, na jedno upnutí je možné soustružení a obrážení drážky.
- Flexibilita a rychlost výroby.
- Snížení přípravných a vedlejších časů a nákladů.
- Nezávislost na externích dodavatelích.
- Efektivní výroba polohových drážek a drážkování.

Tabulka 18: Náklady jednotlivých operací

| Operace | T [s] | Sazba [Kč/hod.] | Cena operace [Kč] |
|-----------------|------------|-----------------|-------------------|
| 1 – upínání | 5 | 600 | 0,83 |
| 2 – frézování | 30 | 600 | 5,00 |
| 3 – frézování | 33 | 600 | 5,50 |
| 4 – soustružení | 16 | 600 | 2,67 |
| 5 – navrtávání | 7 | 600 | 1,17 |
| 6 – vrtání | 13 | 600 | 2,17 |
| 7 – protahování | 45 | 600 | 7,50 *) |
| Součet | 149 | | 24,84 |

Výsledný čas opracování se podařilo zkrátit na 149 s/ks.

Úkolem bylo kompletně opracovat odlitek do 25 Kč/ks + DPH a ten byl splněn.

*) Pro představu jsem si nechal zpracovat cenové nabídky z firem pro jiné technologie výroby čtyřhranného otvoru:

- WAPA, spol. s r. o., Nové Město na Moravě.....39 Kč/ks (vodní paprsek).
- SIMO plus, s. r. o., Rovensko.....235 Kč/ks (drátová elektroda).
- PROTRN, s. r. o., Bludov.....18 Kč/ks (protahování trnem).

5 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zvolit vhodnou technologii zhotovení čtyřhranného otvoru v odlitku. Výrobu tvarových otvorů v odlitku si většina lidí spojí s technologickou operací obrázení nebo protahování, které jsou pro tyto operace určené. V bakalářské práci jsem se zabýval možnostmi zhotovení čtyřhranného otvoru v odlitku i nekonvenčními metodami. Řezáním vodním paprskem, drátovou elektrodou a nebo laserem. Pomocí těchto metod lze čtyřhranný otvor zhotovit, ale z ekonomického hlediska jsou tyto metody pro tento konkrétní případ nepoužitelné. Cena operace zhotovení čtyřhranného otvoru podstatně převyšovala maximální cenu kompletního opracování. Z navrhovaných technologických možností se jako druhá nejvíce přiblížila k zadanému a požadovanému cíli, technologie protahování na protahovačce. Cena 18,-Kč/ks je nízká, ale přes to vysoká. Při započítání operací frézování a soustružení by byla konečná cena 32,-Kč/ks.

Díky moderním poznatkům byla nakonec navržena technologie zhotovení čtyřhranného otvoru na CNC soustruhu pomocí protlačovacího agregátu BM. Cena operace: 10,84 Kč/ks (navrtání, vrtání, protlačení). Tato technologie umožnila kompletně opracovat odlitek na jedno upnutí. Nebylo potřeba zhotovení čtyřhranu zajišťovat na dalším pracovišti nebo odvážet odlitek na zhotovení čtyřhranného otvoru do externí firmy. To mělo podstatný vliv na konečnou cenu kompletně opracovaného odlitku (tab. 16) a dosažení stanoveného cíle. Podařilo se zajistit kompletní opracování odlitku do 25,-Kč/ks.

Technologie zhotovení drážek vnitřních i vnějších na CNC soustruhu (nebo jiném rotačním stroji) může být zajímavým a ekonomickým řešením pro podobné typy výrobků. Určitě tento způsob výroby drážek nenahradí klasickou technologii obrázení a protahování, ale ve vhodných případech je možné ji použít.

Informace potřebné pro vypracování bakalářské práce jsem získával při konzultacích s vedoucím bakalářské práce nebo s konzultantem ve firmě, vlastních zkušenostech, které jsem získal ve výrobě, z odborné literatury a firemní literatury.

6 Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli s vypracováním mé bakalářské práce. Za jejich podporu, trpělivost a cenné rady, a to prof. Ing. Radku Čadovi, CSc., a Ing. Jiřímu Lichovníkovi. Také děkuji společnosti ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o., Domašov nad Bystřicí za aktivní spolupráci.

7 Použitá literatura

- [1] Firemní předpisy (UNEX a.s., Uničov)
- [2] *BRIGHETTI MECCANICA S. r. l.* [online]. Calderara di Reno (BOLOGNA) – Italy: BRIGHETTI MECCANICA S. r. l., 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.brighettibroaching.com/>
- [3] BRYCHTA, J., ČEP, R., SADÍLEK, M., L. PETŘKOVSKÁ a J. NOVÁKOVÁ. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2018-05-05]. ISBN 978-80-248-1505-Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>
- [4] DVOŘÁK, L. Obrázení drážek na CNC soustruzích a obráběcích centrech. *Mmspektrum.cz* [online]. 2012 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/obrazeni-drazek-na-cnc-soustruzich-a-obrabecich-centrech.html>
- [5] HLAVATÝ, I. *Laserové řezání* [online]. Ostrava: VŠB, 2009 [cit. 2018-05-05]. ISBN 16-17-83-84. Dostupné také z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/16-17-83-84.pdf>
- [6] KOVOSVIT MAS, a. s. *Návod k instalaci, obsluze, údržbě a servisu pro soustružnický stroj S 50 CNC č. v. 221121/P25*. Sezimovo Ústí: KOVOSVIT MAS, a. s., 2004.
- [7] Olomoucký kraj. Elektronická učebnice. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1400>
- [8] SADÍLEK, M. *Nekonvenční metody obrábění I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB, 2016. ISBN 978-80-248-3943-1.
- [9] SADÍLEK, M. *Nekonvenční metody obrábění II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB, 2016. ISBN 978-80-248-3944-8.
- [10] *Seco Tools CZ, s. r. o.* [online]. Brno: Seco Tools CZ, s. r. o., 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/#>
- [11] *STOLFIG s. r. o.* [online]. Chotěšov: STOLFIG s. r. o., 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://3d-laser.stolfig.cz/12>. *ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o.* [online]. Domašov u Šternber-

ka: ŠTERCLOVA STROJÍRNA s. r. o., 2014 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.sterclovastrojirna.cz>

[13] UNEX a. s. [online]. Uničov: UNEX a. s., 2016 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.unex.cz/cs>

[14] WAPA spol. s r.o. [online]. Nové Město na Moravě: WAPA s. r. o., 2014 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.wapa.cz/>

[15] WTO GmbH Ohlsbach Germany. Obrážecí jednotka na drážky pro CNC soustružnická centra. *Wto-tools.com* [online]. 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.wto-tools.com/cs-cz/produkty/soustruznicka-centra/obrazeci-jednotka-na-drazky/>